

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
29. August 2002 (29.08.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 02/067393 A1

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H01S 5/183, (72) Erfinder: ALBRECHT, Tony; Erich-Kästner-Strasse 21, 5/04, H01L 33/00 93077 Bad Abbach (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/00508

(74) Anwalt: EPPING HERMANN & FISCHER; Ridlerstrasse 55, 80339 München (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:

12. Februar 2002 (12.02.2002)

(81) Bestimmungsstaaten (national): CN, JP.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

(30) Angaben zur Priorität:

101 08 079.4 20. Februar 2001 (20.02.2001) DE

Veröffentlicht:

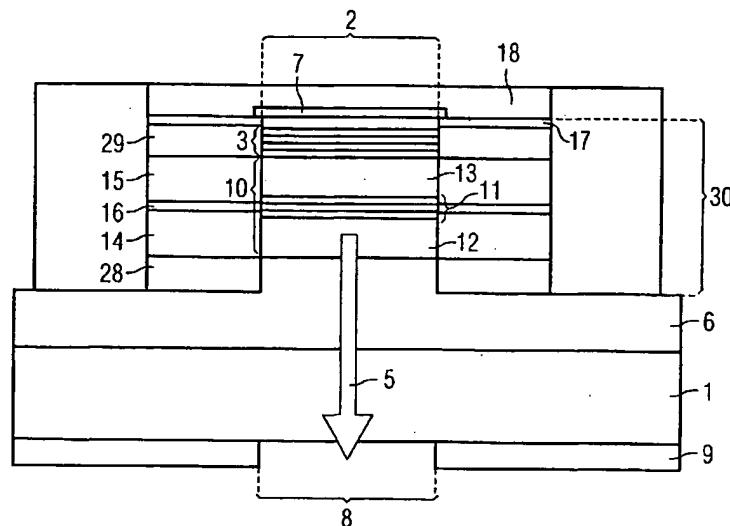
— mit internationalem Recherchenbericht

(71) Anmelder: OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE/DE]; Wernerwerkstrasse 2, 93049 Regensburg (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: OPTICALLY PUMPED SURFACE-EMITTING SEMICONDUCTOR LASER DEVICE AND METHOD FOR THE PRODUCTION THEREOF

(54) Bezeichnung: OPTISCH GEPUMpte OBERFLÄCHENEMITTIERENDE HALBLEITERLASERVORRICHTUNG UND VERFAHREN ZU DEREN HERSTELLUNG



(57) Abstract: The invention relates to an optically pumped surface-emitting semiconductor laser device comprising at least one radiation-generating quantum pot-type structure (11) and at least one pumping radiation source for optically pumping the quantum pot-type structure (11). The pumping radiation source has an edge-emitting semiconductor structure (30) and this edge-emitting semiconductor structure (30), and the quantum pot-type structure (11) are epitaxially applied to a common substrate (1). The edge-emitting semiconductor structure (30) of the pumping radiation source is provided in the form of a semiconductor ring laser.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/067393 A1

Ao



*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung beschreibt eine optisch gepumpte oberflächenemittierende Halbleiterlaservorrichtung mit mindestens einer strahlungserzeugenden Quantentopfstruktur (11) und mindestens einer Pumpstrahlungsquelle zum optischen Pumpen der Quantentopfstruktur (11), wobei die Pumpstrahlungsquelle eine kantenemittierende Halbleiterstruktur (30) aufweist und diese kantenemittierende Halbleiterstruktur (30) und die Quantentopfstruktur (11) auf ein gemeinsames Substrat (1) epitaktisch aufgebracht sind. Die kantenemittierende Halbleiterstruktur (30) der Pumpstrahlungsquelle ist dabei in Form eines Halbleiterringlasers ausgebildet.

## Beschreibung

Optisch gepumpte oberflächenemittierende Halbleiterlaservorrichtung und Verfahren zu deren Herstellung

5

Die Erfindung bezieht sich auf eine optisch gepumpte Halbleiterlaservorrichtung nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und ein Verfahren zu deren Herstellung.

10 Die Erfindung betrifft eine optisch gepumpte oberflächenemittierende Halbleiterlaservorrichtung mit mindestens einer strahlungserzeugenden Quantentopfstruktur und mindestens einer Pumpstrahlungsquelle zum optischen Pumpen der Quantentopfstruktur, wobei die Pumpstrahlungsquelle eine kantenemittierende Halbleiterstruktur aufweist. Die strahlungserzeugende Quantentopfstruktur und die kantenemittierende Halbleiterstruktur sind dabei auf einem gemeinsamen Substrat epitaktisch aufgebracht.

15

20 Die Pumpstrahlungsquelle kann einen oder mehrere Halbleiterlasern enthalten. Der Resonator solcher Laser entspricht üblicherweise einem (linearen) Fabry-Perot-Resonator und wird vorzugsweise von zwei hochreflektierenden Spiegelschichten begrenzt. Die Pumpeffizienz dieser Halbleiterlaser wird maßgeblich von der Qualität der Spiegel beeinflußt. Eine Verringerung der Reflektivität dieser Spiegel, beispielsweise durch Alterung oder Strahlungsschäden, reduziert zunächst die zur Verfügung stehende optische Pumpleistung und führt in der Folge zu einer erheblich geringeren Besetzungsinversionsdichte bzw. Strahlungsausbeute bei der Quantentopfstruktur.

25

30

Aufgabe der Erfindung ist es, eine optisch gepumpte Halbleiterlaservorrichtung der eingangs genannten Art mit verbesserter Pumpstrahlungsquelle zu schaffen. Weiterhin ist es Aufgabe der Erfindung, ein Herstellungsverfahren hierfür anzugeben.

Diese Aufgabe wird durch eine Halbleiterlaservorrichtung nach Patentanspruch 1 bzw. ein Verfahren nach Patentanspruch 8 oder 9 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindungen sind Gegenstand der Unteransprüche 2 bis 7 und 10.

5

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, daß bei einer optisch gepumpten oberflächenemittierenden Halbleiterlaservorrichtung mit mindestens einer strahlungserzeugenden Quantentopfstruktur und mindestens einer Pumpstrahlungsquelle zum Pumpen der

10 Quantentopfstruktur die Pumpstrahlungsquelle eine kantenemittierende Halbleiterstruktur aufweist, wobei diese Halbleiterstruktur mindestens einen Ringlaser enthält. Unter einem Ringlaser ist dabei eine Laserstruktur zu verstehen, bei der sich im Betrieb Ringmoden ausbilden können. Die Ausbildung  
15 des Laserresonators in Ringform ist dabei, wie im folgenden noch erläutert wird, vorteilhaft, jedoch nicht zwingend erforderlich.

Der Resonator eines solchen Ringlasers kann mittels totalreflektierender Grenzflächen gebildet werden, so daß vorteil-

20 hafterweise keine hochreflektierenden Spiegel erforderlich sind. Damit wird auch die Gefahr einer geringeren Strahlungsausbeute aufgrund von Schäden an den Spiegeln reduziert. Weiterhin zeichnet sich ein Ringlaser durch ein vorteilhaft großes Modenvolumen und eine hohe Modenstabilität aus.

Bevorzugt ist die Quantentopfstruktur innerhalb des Ringresonators angeordnet, so daß das gesamte resonatorinterne Strahlungsfeld zum Pumpen der Quantentopfstruktur zur Verfügung

30 steht. Besonders vorteilhaft ist es hierbei, die aktive Schicht der kantenemittierenden Halbleiterstruktur und die Quantentopfstruktur in derselben Höhe über dem Substrat anzurichten, so daß sich ein großer Überlapp zwischen dem zu pumenden Volumen der Quantentopfstruktur und dem Strahlungsfeld der kantenemittierenden Halbleiterstruktur und damit eine hohe Pumpeffizienz ergibt.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird der Resonator des Ringlasers von einem ringförmig geschlossenen Wellenleiter gebildet. Die Führung des Pumpstrahlungsfeldes erfolgt darin durch Totalreflexion an den Begrenzungen des 5 Wellenleiters, so daß auch hier vorteilhafterweise keine hochreflektierenden Spiegel benötigt werden. Weiterhin kann durch die Formgebung des ringförmig geschlossenen Wellenleiter das Pumpstrahlungsfeld sehr gut an das zu pumpende Volumen der Quantentopfstruktur angepaßt werden.

10

Die kantenemittierende Halbleiterstruktur ist bei einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung von einem Medium umgeben, dessen Brechungsindex geringer ist als der Brechungsindex der Halbleiterstruktur. Dadurch entsteht an dem Übergang 15 vom Halbleiter in das optisch dünneren, umgebende Medium eine totalreflektierende Fläche, die als Begrenzung des Laserresonators dient. Zur Bildung eines ringförmig geschlossenen Wellenleiters kann innerhalb der kantenemittierenden Halbleiterstruktur eine mit einem optisch dünneren Medium gefüllte Aus- 20 nehmung angeordnet sein.

Als umgebendes Medium eignet sich aufgrund des geringen Brechungsindex insbesondere Luft oder ein anderes gasförmiges Medium. Alternativ kann die kantenemittierende Halbleiterstruktur auch von einem anderen Material wie beispielsweise 25 einem Halbleitermaterial, einem Halbleiteroxid oder einem Dielektrikum mit geringerem Brechungsindex umschlossen sein.

Bevorzugt ist die Halbleiterstruktur als zylindrischer Stapel 30 kreisförmiger oder ringförmiger Halbleiterschichten gebildet. Der so geformte zylindrische Halbleiterkörper stellt zugleich den Ringlaserresonator dar, an dessen Mantelflächen das Strahlungsfeld totalreflektierend geführt wird.

35 Alternativ kann die Halbleiterstruktur auch prismatisch als Stapel von Halbleiterschichten in Form von Vielecken oder Vieleckringen gebildet sein. Durch diese Formgebung kann eine

weitgehend homogene Strahlungsverteilung und entsprechend eine weitgehend homogene Pumpdichte in der Quantentopfstruktur erzielt werden.

5 Ein Stapel von Halbleiterschichten der beschriebenen Form kann vergleichsweise einfach, zum Beispiel durch Ätzen aus einer zuvor epitaktisch hergestellten Halbleiterschichtenfolge gebildet werden. Vorteilhafterweise wird so mit der Formung des Halbleiterkörpers zugleich auch der Laserresonator der kantenemittierenden Halbleiterstruktur gebildet, ohne daß zusätzliche Verspiegelungen erforderlich sind.

10

Bei einem erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren wird zunächst auf einem Substrat eine oberflächenemittierende Halbleiterschichtenfolge mit mindestens einer Quantentopfstruktur aufgebracht, die Schichtenfolge außerhalb des vorgesehenen Laserbereichs entfernt und die kantenemittierende Halbleiterstruktur der Pumpstrahlungsquelle auf den dadurch freigelegten Bereich aufgebracht.

15

20 Daraufhin wird der Außenbereich der kantenemittierenden Halbleiterstruktur zur Formung des Laserresonators entfernt. Bevorzugt wird dabei auch ein zentraler Teilbereich im Inneren der Halbleiterstruktur zur Bildung eines Ringresonators abgetragen. Die Entfernung dieser Teilbereiche kann beispielsweise mittels eines Trockenätzverfahrens erfolgen. Mit Vorteil ist keine aufwendige Nachbearbeitung der geätzten Flächen erforderlich.

25

30 Alternativ können bei dem erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren die Verfahrensschritte in anderer Reihenfolge angewendet werden. Beispielsweise kann auf dem Substrat zunächst eine kantenemittierende Halbleiterstruktur aufgebracht werden, die dann im vorgesehenen Laserbereich der (noch zu bildenden) Quantentopfstruktur abgetragen wird. Auf den freigelegten Bereich wird im nächsten Schritt die oberflächenemittierende Halbleiterschichtenfolge mit mindestens einer Quan-

35

tentopfstruktur aufgebracht. Abschließend wird wieder der Außenbereich der kantenemittierenden Halbleiterstruktur zur Formung des Laserresonators entfernt. In einer Variante des Verfahrens kann die Formung des Laserresonators auch vor der

5 Aufbringung der oberflächenemittierenden Halbleiterschichtenfolge stattfinden.

Weitere Merkmale, Vorteile und Zweckmäßigkeiten der Erfindung werden nachfolgend anhand von vier Ausführungsbeispielen in

10 Verbindung mit den Figuren 1 bis 4 erläutert. Es zeigen

Figur 1a und 1b eine schematische Schnittdarstellung bzw. eine schematische Ansicht eines ersten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung,

15 Figur 2 eine schematische Ansicht eines zweiten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung,

20 Figur 3 eine schematische Ansicht eines dritten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung und

Figur 4 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens.

Gleiche oder gleich wirkende Elemente sind in den Figuren der Ausführungsbeispiele mit denselben Bezugszeichen versehen.

30 In Figur 1a ist ein Schnitt durch einen optisch gepumpten oberflächenemittierenden Halbleiterlaserchip mit einer Laseremission bei 1030 nm dargestellt. Bei diesem ist auf einem Substrat 1 eine Bufferschicht 6 aufgebracht. Das Substrat 1 besteht beispielsweise aus GaAs und die Bufferschicht 6 aus

35 undotiertem GaAs.

Auf der Bufferschicht 6 ist in der Schnittdarstellung mittig über dem Substrat 1 eine oberflächenemittierende Halbleiterlaserstruktur 10 mit einer Quantentopfstruktur 11 aufgebracht, die den oberflächenemittierenden Laserbereich 2 festlegt. Die Halbleiterlaserstruktur 10 setzt sich zusammen aus einer unmittelbar auf der Bufferschicht befindlichen ersten Confinementschicht 12, einer auf dieser angeordneten Quantentopfstruktur 11 und einer auf der Quantentopfstruktur 11 aufgebrachten zweiten Confinementschicht 13. Die Confinementschichten 12 und 13 bestehen beispielsweise aus undotiertem GaAs und die Quantentopfstruktur 11 weist zum Beispiel eine Mehrzahl ( $\geq 3$ ) von Quantentöpfen (quantum wells) auf, die aus undotiertem InGaAs bestehen und deren Dicke auf die Emission bei 1030 nm eingestellt ist. Zwischen den Quantentöpfen befinden sich Barriereschichten aus GaAs.

Über der oberflächenemittierenden Halbleiterlaserstruktur ist ein Bragg-Spiegel 3 mit beispielsweise 28 bis 30 Perioden mit je einer GaAlAs(10%Al)-Schicht und einer GaAlAs(90%Al)-Schicht abgeschieden, der einen hochreflektiven Resonatorspiegel darstellt.

Der für den Laserbetrieb der oberflächenemittierenden Halbleiterlaserstruktur 10 erforderliche zweite Spiegel ist bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel nicht in den Halbleiterkörper integriert, sondern als externer Spiegel vorgesehen. Alternativ kann dieser zweite Spiegel auch in ähnlicher Weise wie der Spiegel 3 in nicht dargestellter Weise in dem Halbleiterkörper ausgebildet sein. In diesem Fall wäre der zweite Spiegel beispielsweise innerhalb des vorgesehenen Laserbereichs 2 zwischen der Bufferschicht 6 und der Quantentopfstruktur 11 anzuordnen.

In der Umgebung des Laserbereichs 2 ist auf der Bufferschicht 6 eine kantenemittierende Halbleiterlaserstruktur 30 in Form eines Ringlasers abgeschieden. Die Emissionswellenlänge dieses Ringlasers liegt bei etwa 1  $\mu\text{m}$ .

Die Ringlaserstruktur setzt sich im Einzelnen zusammen aus einer ersten Mantelschicht 28 (z.B. n-GaAl<sub>0.65</sub>As), einer ersten Wellenleiterschicht 14 (z.B. n-GaAl<sub>0.1</sub>As), einer aktiven Schicht 16 (z.B. single quantum well aus undotiertem InGaAs), 5 einer zweiten Wellenleiterschicht 15 (z.B. p-GaAl<sub>0.1</sub>As) und einer zweiten Mantelschicht 29 (z.B. p-GaAl<sub>0.65</sub>As).

Auf der zweiten Mantelschicht 29 kann als Deckschicht 17 beispielsweise eine p<sup>+</sup>-dotierte GaAs-Schicht aufgebracht sein.

10 Im Bereich des Bragg-Spiegels 3 befindet sich auf der Deckschicht 17 eine elektisch isolierende Maskenschicht 7, beispielsweise eine Siliziumnitrid-, Aluminiumoxid- oder eine Siliziumoxidschicht, mit deren Hilfe die Strominjektion in die kantenemittierende Halbleiterstruktur 30 festgelegt wird. 15 Auf der dem Substrat 1 gegenüberliegenden Seite ist die Laservorrichtung von einer gemeinsamen p-Kontaktschicht 18 abgedeckt.

20 Die von der Halbleiterstruktur abgewandte Hauptfläche des Substrats 1 ist bis auf ein Austrittsfenster 8 für die von der Quantentopfstruktur 11 erzeugte Strahlung 5 mit einer n-Kontaktschicht 9 versehen.

25 Sämtliche Halbleiterschichten sind beispielsweise mittels metallorganischer Dampfphasenepitaxie (MOVPE) hergestellt.

Figur 1b zeigt eine Aufsicht auf das erste Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung. Die Schnittdarstellung gemäß Figur 1a entspricht einem senkrechten Schnitt entlang der Linie A-A. 30

Die kantenemittierende Halbleiterstruktur 30 weist in der Aufsicht eine achteckige Form mit vierzähliger Rotationssymmetrie sowie eine quadratische zentrale Aussparung 19 auf.

35 Die zu pumpende, in der Aufsicht kreisförmige Quantentopfstruktur 11 ist vollständig innerhalb des so gebildeten Achteckrings angeordnet. Dieser Achteckring bildet einen Ringre-

sonator in Form eines totalreflektierenden, geschlossenen Wellenleiters.

Im Betrieb schwingen in diesem Wellenleiter zyklisch umlaufende Ringmoden, beispielhaft dargestellt anhand der Moden 5 20a,b,c, an, die die Quantentopfstruktur 11 optisch pumpen. Aufgrund der Totalreflexion an den Außenflächen sind die Auskoppelverluste bei diesem Ausführungsbeispiel äußerst gering, so daß mit Vorteil das gesamte resonatorinterne Strahlungsfeld 10 zum Pumpen der Quantentopfstruktur 11 zur Verfügung steht.

Aufgrund der gezeigten Formgebung des Achteckrings sind die Ringmoden 20a, 20b und 20c im wesentlichen gleichberechtigt 15 und breiten sich gleichförmig aus. Somit ergibt sich in radialer Richtung (entlang der Linie B-B) ein weitgehend homogenes Strahlungsfeld und entsprechend eine weitgehend gleichmäßige Pumpdichte in der zu pumpenden Quantentopfstruktur 11.

20 In Figur 2 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung in Aufsicht gezeigt. Im Unterschied zu dem vorigen Ausführungsbeispiel ist hier der totalreflektierende Wellenleiter als Kreisring gebildet. Die zu pumpende Quantentopfstruktur 11 ist vollständig innerhalb 25 des Ringbereichs angeordnet.

Innerhalb des kreisringförmigen Resonators können eine Vielzahl von Ringmoden anschwingen. Die dargestellt Mode 21 zeigt lediglich ein mögliches Beispiel. Die Quantentopfstruktur 11 30 wird daneben von einer Vielzahl weiterer Moden mit hoher Effizienz gepumpt.

Wie sich aus Figur 2 ergibt, kann zur Vereinfachung auch auf die zentrale Aussparung 19 verzichtet werden, so daß der Resonator eine Vollkreisfläche als Querschnitt aufweist. Dadurch wird mit Vorteil der Herstellungsaufwand reduziert. Allerdings können dann bis zu einem gewissen Grad Moden anschwingen.

gen, die durch das Resonatorzentrum verlaufen. Diese Moden werden an der Resonatorbegrenzung nicht totalreflektiert und besitzen daher vergleichsweise hohe Auskoppelverluste, die letztendlich die Pumpeffizienz verringern.

5

In Figur 3a ist ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung gezeigt, bei dem die Quantentopfstruktur 11 von zwei voneinander unabhängigen Ringlasern gepumpt wird. Diese sind prinzipiell wie die Ringlaser des ersten Ausführungsbeispiels 10 aufgebaut.

Die zugehörigen Wellenleiter 22,23 kreuzen sich in zwei Bereichen 31a,b, wobei einem Bereich 31a die zu pumpende Quantentopfstruktur 11 angeordnet ist. Mittels dieser Anordnung 15 mit zwei Ringlasern wird die Pumpdichte in der Quantentopfstruktur 11 weiter erhöht. Die wesentlichen Pumpmoden sind wiederum beispielhaft anhand der Moden 20a,b,c,d,e,f dargestellt. Mit Vorteil ergibt sich wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel dargelegt auch hier wieder eine weitgehend homogene Pumpdichte. 20

In Figur 3b ist eine vorteilhafte Variante der in Figur 3a dargestellten Anordnung gezeigt, die sich insbesondere dadurch auszeichnet, daß die Formgebung der sich kreuzenden, 25 ringförmigen Wellenleiter 22 und 23 vereinfacht ist. Dazu sind die Querschnitte der zentralen Ausnehmungen 24 und 25 auf Dreiecke reduziert. Auf die zentrale Ausnehmung 26 und die in Figur 3a dargestellten seitlichen Ausnehmungen 32 wird verzichtet. Durch diese Vereinfachung wird mit Vorteil der 30 Herstellungsaufwand verringert, ohne die Laserfunktion wesentlich zu beeinträchtigen.

Weitergehend könnte auch, wie in Figur 3b angedeutet, eine zweite Quantentopfstruktur 27 in dem zweiten Kreuzungsbereich 35 31b der beiden Ringlaser ausgebildet sein.

In Figur 4 ist schematisch ein Verfahren zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung gezeigt. Zunächst werden auf das Substrat 1 nacheinander die Buffer-  
schicht 6, die erste Confinementschicht 12, die Quantentopf-  
struktur 11, die zweite Confinementschicht 13 und die Bragg-  
Spiegelschichten 3, beispielsweise mittels MOVPE, aufgebracht  
(Figur 4a).

Danach wird auf den vorgesehenen oberflächenemittierenden La-  
serbereich 2 dieser Schichtenfolge eine Ätzmaske 4 aufge-  
bracht. Nachfolgend werden außerhalb des vorgesehenen ober-  
flächenemittierenden Laserbereichs 2 die Bragg-Spiegelschich-  
ten 3, die Confinementschichten 12 und 13, die Quantentopf-  
struktur 11 und teilweise die Bufferschicht 6 beispielsweise  
mittels Ätzung entfernt (Figur 4b).

Auf den freigelegten Bereich der Bufferschicht werden dann  
die erste Mantelschicht 28, die erste Wellenleiterschicht 14,  
die aktive Schicht 16, die zweite Wellenleiterschicht 15, die  
zweite Mantelschicht 29 und die Deckschicht 17 nacheinander,  
beispielsweise wiederum mittels MOVPE, aufgebracht (Figur  
4c).

Anschließend werden die Außenbereiche und der Zentralbereich  
(nicht dargestellt) der Halbleiterstruktur zur Bildung des  
totalreflektierenden, geschlossenen Wellenleiters abgetragen.  
Dies kann beispielsweise durch reaktives Ionenätzen unter  
Verwendung einer geeigneten, bekannten Maskentechnik erfolgen  
(Figur 4d).

Die so hergestellten Seitenflächen der kantenemittierenden  
Halbleiterstruktur erfordern keine optische Vergütung und  
bilden einen nahezu verlustfreien Ringlaserresonator.

Abschließend wird die Ätzmaske 4 entfernt, auf den Braggspiegel 3 die elektrisch isolierende Maskenschicht 7 aufgebracht

11

und die Oberfläche mit der p-Kontaktschicht 18 abgedeckt. Das Substrat wird mit den n-Kontaktflächen 9 versehen (Figur 4e).

Die Erläuterung der Erfindung anhand der beschriebenen Ausführungsbeispiele ist selbstverständlich nicht als Beschränkung der Erfindung hierauf zu verstehen.

## Patentansprüche

1. Optisch gepumpte oberflächenemittierende Halbleiterlaservorrichtung mit mindestens einer strahlungserzeugenden Quantentopfstruktur (11) und mindestens einer Pumpstrahlungsquelle zum optischen Pumpen der Quantentopfstruktur (11), bei der die Pumpstrahlungsquelle mindestens eine kantenemittierende Halbleiterstruktur (30) aufweist und die mindestens eine kantenemittierende Halbleiterstruktur (30) und die Quantentopfstruktur (11) auf einem gemeinsamen Substrat (1) epitaktisch aufgewachsen sind,  
dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens eine kantenemittierende Halbleiterstruktur (30) mindestens einen Ringlaser enthält.
- 15 2. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Quantentopfstruktur (11) innerhalb des Resonators des Ringlasers angeordnet ist.
- 20 3. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet, daß der Resonator des Ringlasers von einem ringförmig geschlossenen Wellenleiter gebildet wird.
- 25 4. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet, daß die kantenemittierenden Halbleiterstruktur (30) von einem Medium umgeben ist, dessen Brechungsindex geringer ist als der Brechungsindex der kantenemittierenden Halbleiterstruktur (30).
- 35 5. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet, daß die kantenemittierende Halbleiterstruktur (30) von Luft, ei-

nem anderen gasförmigen Medium oder einem Dielektrikum umgeben ist.

6. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1  
5 bis 5,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die kantenemittierende Halbleiterstruktur (30) als zylindrischer Körper mit kreisförmigem oder kreisringförmigem Querschnitt gebildet ist.

10  
7. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1  
bis 5,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die kantenemittierende Halbleiterstruktur (30) als prismatischer Körper mit einem Querschnitt in Form eines Vielecks  
15 oder eines Vieleckrings gebildet ist.

8. Verfahren zur Herstellung einer Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
20 gekennzeichnet durch die Schritte  
- Aufbringen einer oberflächenemittierenden Halbleiter-  
schichtenfolge mit mindestens einer Quantentopfstruktur (11)  
auf ein Substrat (1),  
- Entfernen der oberflächenemittierenden Halbleiter-  
25 schichtenfolge außerhalb eines vorgesehenen Laserbereichs (2),  
- Aufbringen einer kantenemittierenden Halbleiterstruktur (30) auf den freigelegten Bereich über dem Substrat (1),  
- Entfernen von Teilbereichen der kantenemittierenden  
Halbleiterstruktur (30) zur Ausbildung des Ringlaserresona-  
30 tors.

9. Verfahren zur Herstellung einer Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
gekennzeichnet durch die Schritte  
35 - Aufbringen einer kantenemittierenden Halbleiterstruktur (30) auf ein Substrat (1),

14

- Entfernen der kantenemittierenden Halbleiterstruktur (30) innerhalb eines vorgesehenen Laserbereichs (2),
- Aufbringen einer oberflächenemittierenden Halbleiter-schichtenfolge mit mindestens einer Quantentopfstruktur (11) auf das Substrat (1) innerhalb des freigelegten Laserbe-reichs,
- Entfernen von Teilbereichen der kantenemittierenden Halbleiterschichtenfolge (30) zur Ausbildung des Ringlaserre-sonators.

10

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Entfernung von Teilbereichen der kantenemittierenden Halbleiterstruktur (30) durch Trockenätzen erfolgt.

FIG 1a

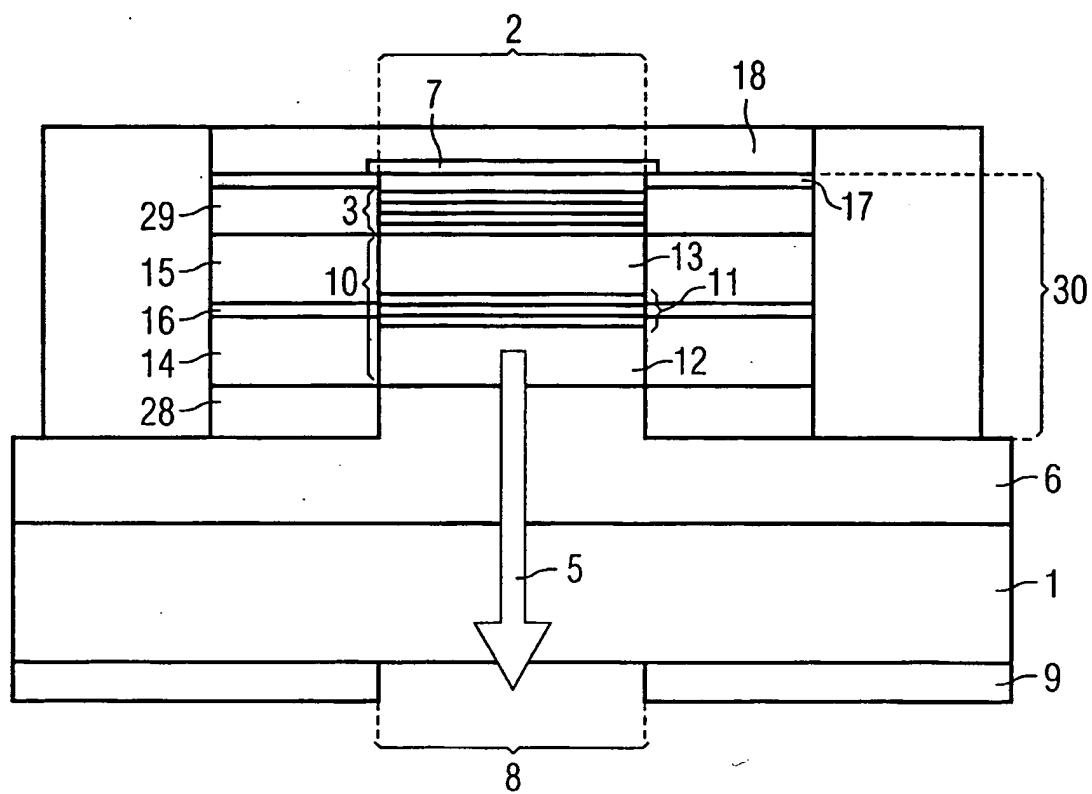
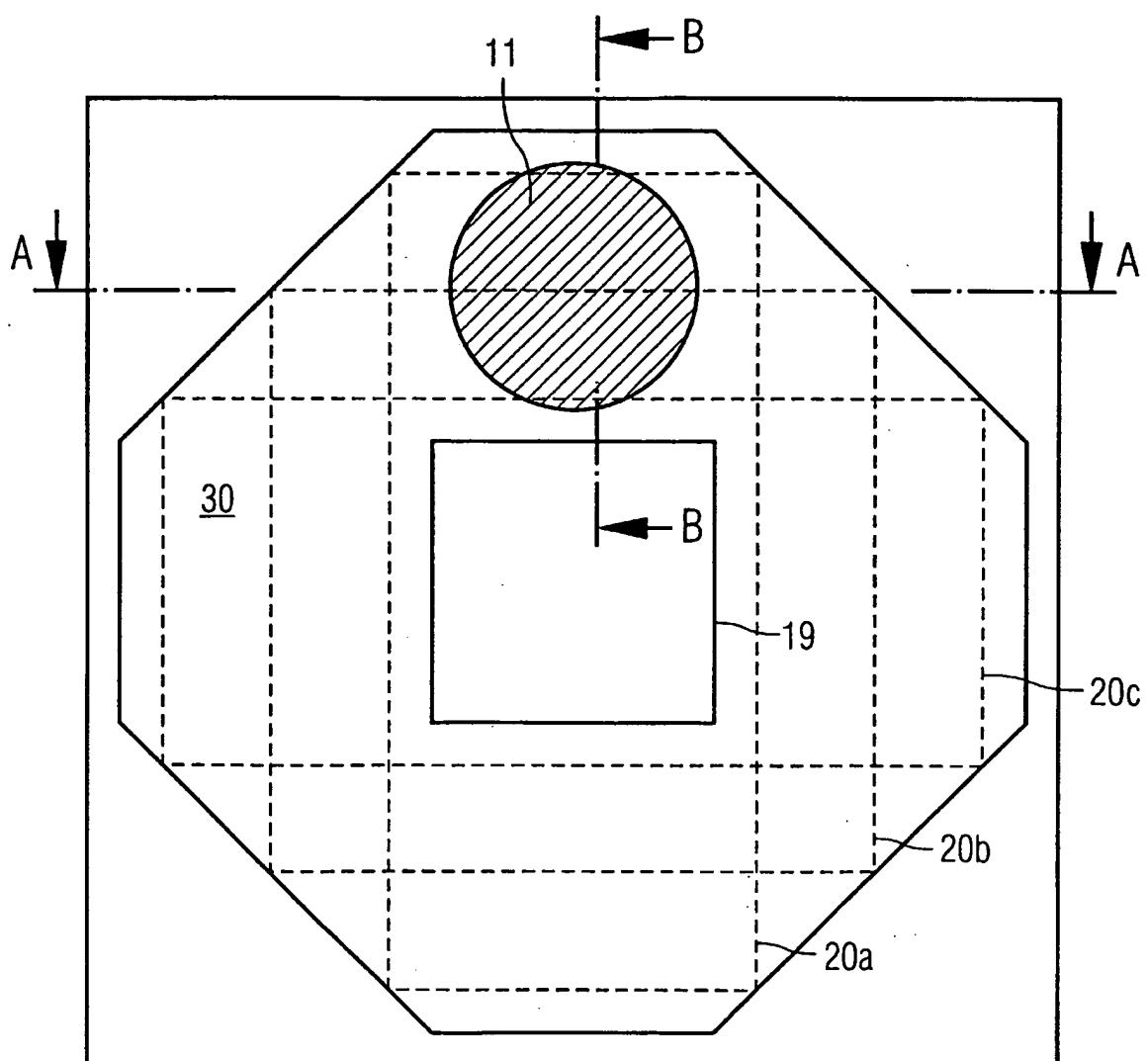


FIG 1b



3/6

FIG 2

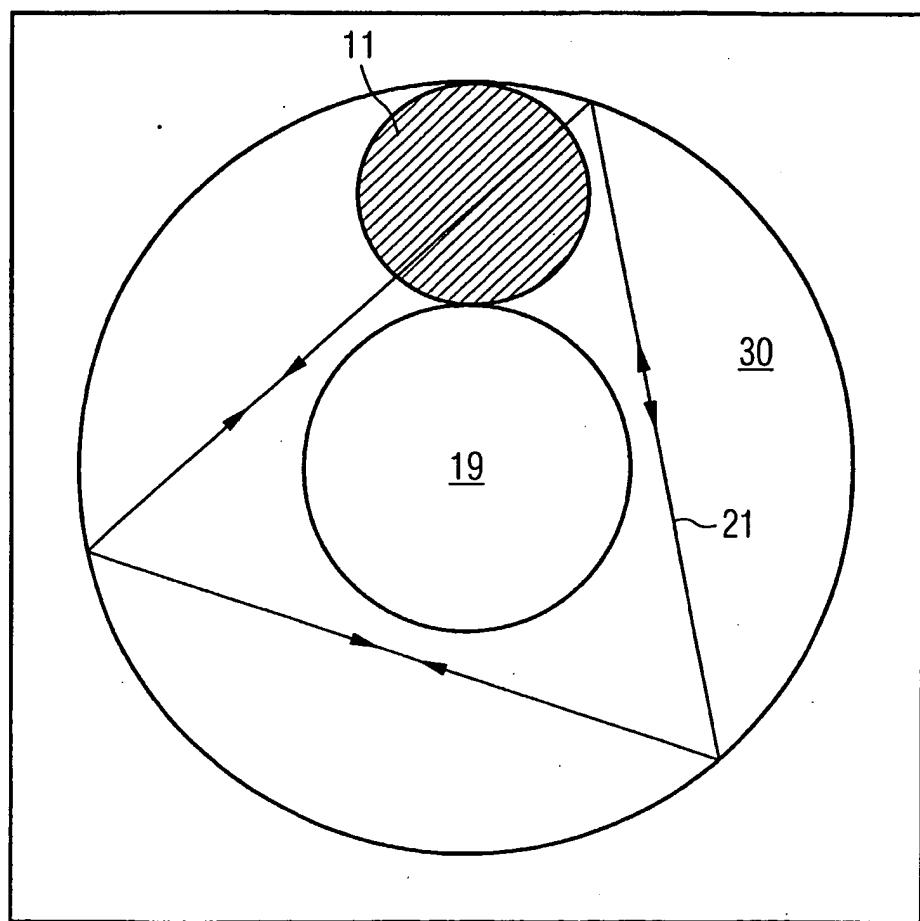


FIG 3a

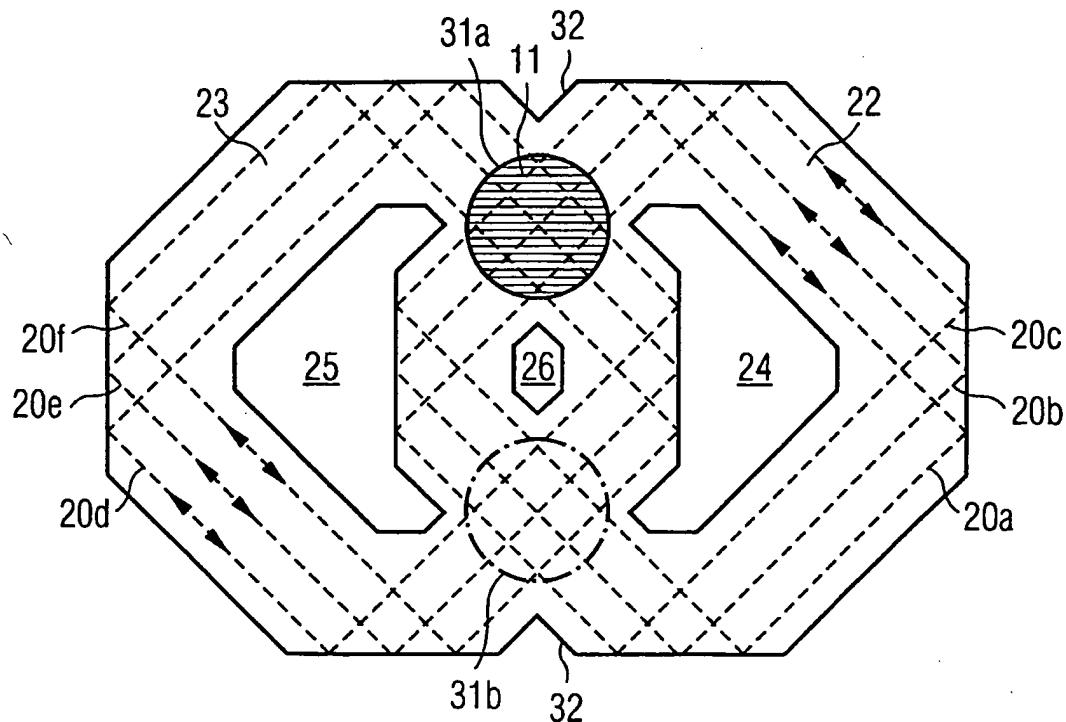
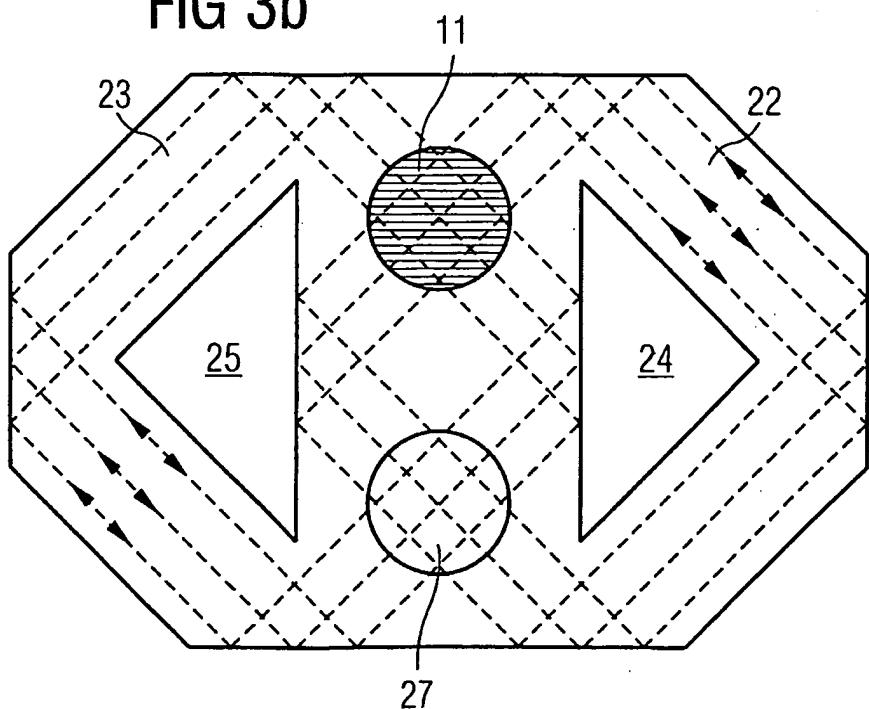


FIG 3b



5/6

FIG 4a

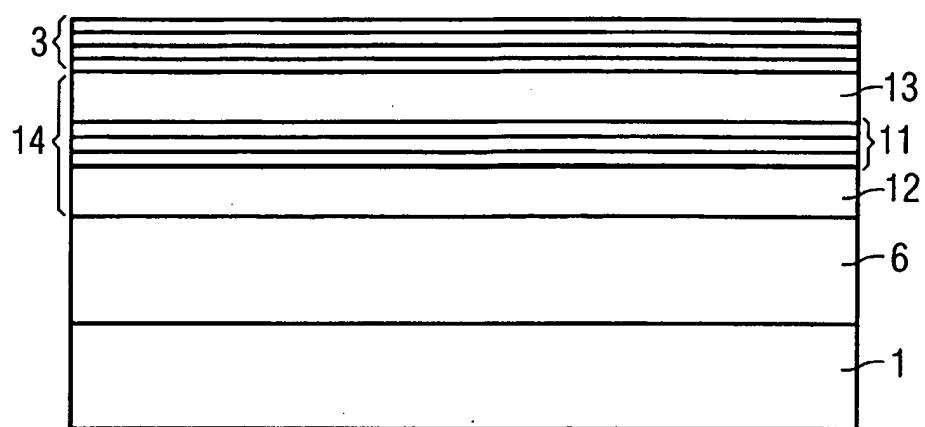


FIG 4b

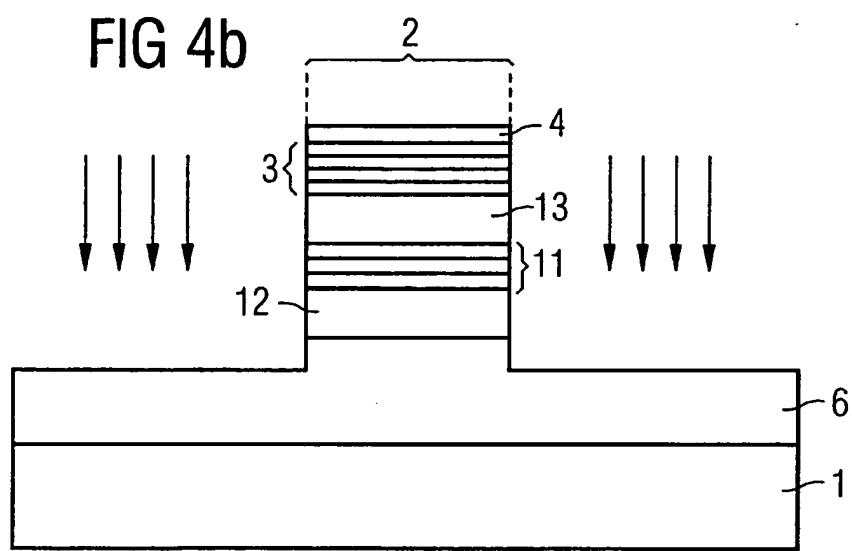


FIG 4c

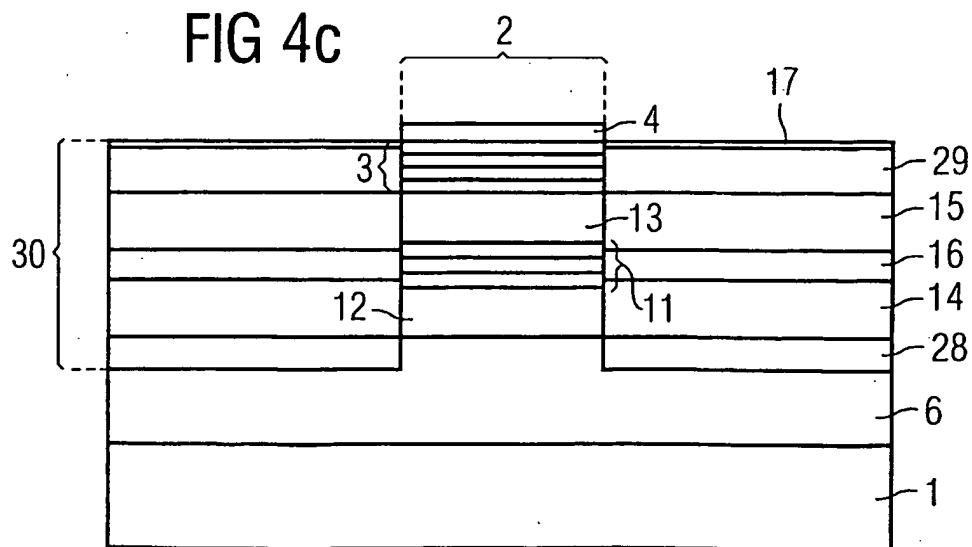


FIG 4d

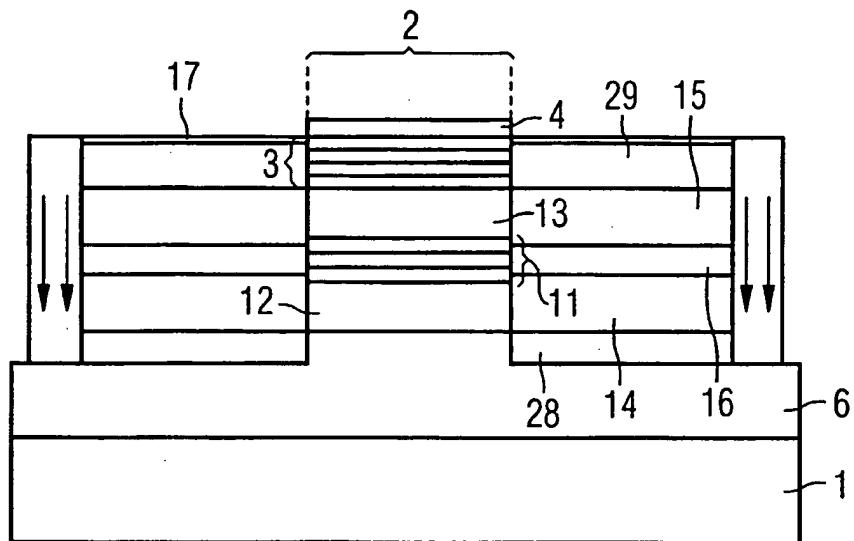
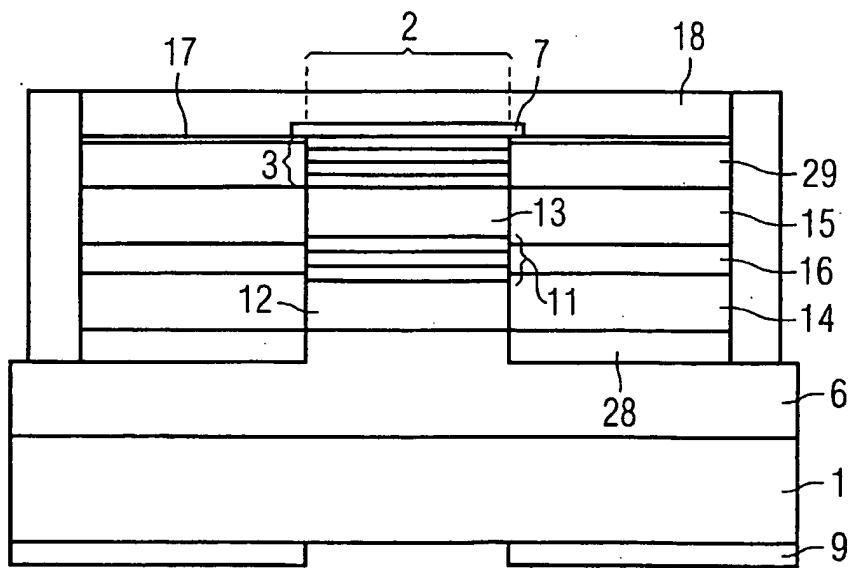


FIG 4e



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE 02/00508A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H01S5/183 H01S5/04 H01L33/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 H01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

PAJ, EPO-Internal, IBM-TDB, INSPEC, COMPENDEX

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 01, 31 January 1996 (1996-01-31) -& JP 07 249824 A (HITACHI LTD), 26 September 1995 (1995-09-26) abstract --- GERHOLD M D ET AL: "NOVEL DESIGN OF A HYBRID-CAVITY SURFACE-EMITTING LASER" IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. 34, no. 3, 1 March 1998 (1998-03-01), pages 506-510, XP000742645 ISSN: 0018-9197 the whole document --- -/-	1,9
A		1,9

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 May 2002

Date of mailing of the international search report

28/05/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Gnugesser, H

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE 02/00508

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 796 771 A (DENBAARS STEVEN P ET AL) 18 August 1998 (1998-08-18) column 9, line 15-61; figure 9 ---	1
A	US 5 748 653 A (KIMMET JAMES S ET AL) 5 May 1998 (1998-05-05) the whole document ---	1,9
A	US 4 380 076 A (BETHUNE DONALD S) 12 April 1983 (1983-04-12) abstract; figures 1,4 ---	1
E	WO 01 93386 A (ALBRECHT TONY ;LUFT JOHANN (DE); LINDER NORBERT (DE); OSRAM OPTO S) 6 December 2001 (2001-12-06) the whole document ---	1-10

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International Application No  
PCT/DE 02/00508

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
JP 07249824	A	26-09-1995	NONE		
US 5796771	A	18-08-1998	NONE		
US 5748653	A	05-05-1998	NONE		
US 4380076	A	12-04-1983	CA	1169530 A1	19-06-1984
			DE	3171243 D1	08-08-1985
			EP	0055337 A1	07-07-1982
			JP	1192803 C	29-02-1984
			JP	57126189 A	05-08-1982
			JP	58024027 B	18-05-1983
WO 0193386	A	06-12-2001	DE	10026734 A1	13-12-2001
			WO	0193386 A1	06-12-2001
			US	2002001328 A1	03-01-2002

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/DE 02/00508A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H01S5/183 H01S5/04 H01L33/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 H01S

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

PAJ, EPO-Internal, IBM-TDB, INSPEC, COMPENDEX

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 01, 31. Januar 1996 (1996-01-31) -& JP 07 249824 A (HITACHI LTD), 26. September 1995 (1995-09-26) Zusammenfassung ----	1,9
A	GERHOLD M D ET AL: "NOVEL DESIGN OF A HYBRID-CAVITY SURFACE-EMITTING LASER" IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, IEEE INC. NEW YORK, US, Bd. 34, Nr. 3, 1. März 1998 (1998-03-01), Seiten 506-510, XP000742645 ISSN: 0018-9197 das ganze Dokument ---- -/-	1,9

 Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmelde datum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die gezeigt ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmelde datum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- \*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmelde datum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- \*&\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
17. Mai 2002	28/05/2002
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Gnugesser, H

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/DE 02/00508

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 796 771 A (DENBAARS STEVEN P ET AL) 18. August 1998 (1998-08-18) Spalte 9, Zeile 15-61; Abbildung 9 ----	1
A	US 5 748 653 A (KIMMET JAMES S ET AL) 5. Mai 1998 (1998-05-05) das ganze Dokument ----	1,9
A	US 4 380 076 A (BETHUNE DONALD S) 12. April 1983 (1983-04-12) Zusammenfassung; Abbildungen 1,4 ----	1
E	WO 01 93386 A (ALBRECHT TONY ;LUFT JOHANN (DE); LINDER NORBERT (DE); OSRAM OPTO S) 6. Dezember 2001 (2001-12-06) das ganze Dokument -----	1-10

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 02/00508

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
JP 07249824	A	26-09-1995	KEINE		
US 5796771	A	18-08-1998	KEINE		
US 5748653	A	05-05-1998	KEINE		
US 4380076	A	12-04-1983	CA	1169530 A1	19-06-1984
			DE	3171243 D1	08-08-1985
			EP	0055337 A1	07-07-1982
			JP	1192803 C	29-02-1984
			JP	57126189 A	05-08-1982
			JP	58024027 B	18-05-1983
WO 0193386	A	06-12-2001	DE	10026734 A1	13-12-2001
			WO	0193386 A1	06-12-2001
			US	2002001328 A1	03-01-2002